

АКВАКУЛЬТУРА

УДК 639.3.043.2:597.552.511–135

**А.Н. Баштовой, А.П. Ярочкин, В.Н. Валова, Г.Н. Тимчишина,
К.Г. Павел, Е.В. Якуш, А.М. Павловский***
Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТАРТОВЫХ
ТРАДИЦИОННЫХ И ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ КОМБИКОРМОВ
ДЛЯ МОЛОДИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ**

Разработаны рецептуры стартовых кормов для заводского выращивания молоди лососевых, содержащие 6 и 10 % сухого ферментолизата из минтая. Особенностью состава экспериментального корма В-1-6 % является более низкое содержание белкового компонента (38,6 %), но более высокое содержание липидов (14,6 %) и углеводных соединений (37,5 %). Аминокислотный состав этого корма в большей степени соответствует потребностям молоди кеты. Рыбоводные испытания показали преимущества по кормовым коэффициентам экспериментальных кормов (КК от 0,64 до 0,86) в сравнении с датским «Aller Aqua» (КК = 1,0) и отечественным «Далькорм» (КК = 1,44). В ходе рыбоводных испытаний кормов датской фирмы «Aller Aqua» и ООО «Далькорм» выявлено развитие патоморфологических изменений тяжелой степени в пищеварительной системе молоди кеты, которые значительно снижают качество выпускаемой молоди, препятствуя достижению ею состояния смолтификации. Введение 6 % сухого ферментолизата в рецептуру корма не оказало существенного влияния на качество выпускаемой молоди. Введение высокобелкового сухого ферментолизата в рецептуры комбикормов для молоди тихоокеанских лососей позволит снизить долю рыбной муки, не снижая качественной белковой составляющей корма, и увеличить жизнестойкость молоди кеты.

Ключевые слова: стартовые корма, молодь лососей, ферментолизат, аминокислоты, гистология.

DOI: 10.26428/1606-9919-2017-191-223-234.

Bashtovoy A.N., Yarochkin A.P., Valova V.N., Timchishina G.N., Pavel K.G., Yakush E.V., Pavlovsky A.M. Comparative evaluation of starting traditional and fermented mixed fodders for juveniles of pacific salmon // *Izv. TINRO*. — 2017. — Vol. 191. — P. 223–234.

* *Баштовой Александр Николаевич, кандидат технических наук, заведующий сектором, e-mail: a.n.bashtovoy@mail.ru; Ярочкин Альберт Павлович, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: yarochkin@tinro.ru; Валова Вера Николаевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: vera.valova@tinro-center.ru; Тимчишина Галина Николаевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: timchishina@tinro.ru; Павел Константин Геннадьевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник, e-mail: kg.pavel@yandex.ru; Якуш Евгений Валентинович, кандидат химических наук, доцент, заместитель директора, e-mail: evyakush@tinro.ru; Павловский Алексей Михайлович, научный сотрудник, e-mail: pavlovskas23@rambler.ru.*

Bashtovoy Alexander N., Ph.D., head of sector, e-mail: a.n.bashtovoy@mail.ru; Yarochkin Albert P., D.Sc., leading researcher, e-mail: yarochkin@tinro.ru; Valova Vera N., Ph.D., senior researcher, e-mail vera.valova@tinro-center.ru; Timchishina Galina N., Ph.D., senior researcher, e-mail: timchishina@tinro.ru; Pavel Konstantin G., Ph.D., senior researcher, e-mail: kg.pavel@yandex.ru; Yakush Eugeny V., Ph.D., deputy director, e-mail: evyakush@tinro.ru; Pavlovsky Alexey M., researcher, e-mail: pavlovskas23@rambler.ru.

Needs for artificial food for salmon considerably increase recently because of foundation of new salmon hatcheries and reconstruction of existing hatcheries in Sakhalin, Kamchatka, Primorye, and Khabarovsk and Magadan regions. In conditions of shortage of Russian-made mixed fodders of high quality and urges toward substitution of imported fodders by domestic ones, highly productive fodders for salmon should be developed using modern scientific knowledge and industrial technologies. Fermented pastas on the base of raw pollock and wastes of other fish processing (chum salmon, saury, herring) are presented as components of mixed fodders for juvenile salmon corresponding by their quality and safety to nutritional requirements of juveniles. Recipes of starting fodders for farming of salmon are proposed with 6 % and 10 % of dry fermentolyzate of these raw materials. These experimental fodders are successfully tested in conditions of salmon hatcheries. The mixed fodder B-1-6 % has lower content of protein (38.5 %) but higher content of lipids (14.5 %) and carbohydrates (37.5 %), as compared with the B-1-10 %, its amino acid composition corresponds to the needs of chum salmon. In the experiments, the feeding coefficients of the experimental fodders (0.64–0.86) were better than those of the fodders Aller Aqua (Denmark) and Dalkorm (Russia) with feeding coefficients 1.00 and 1.44, respectively. The fodders Aller Aqua and Dalkorm caused some pathomorphological changes in digestive system of juvenile chum salmon that reduced quality of juveniles and impeded their growth; the experimental fodder with 6 % of dry fermentolyzate caused mild lipoidal degeneration of liver in reversible form for 15 % of the examined juveniles, but this pathology had no significant effect on quality of the released juveniles. Introduction of high-protein dry fermentolyzate to mixed fodders allows to reduce the portion of fish flour without reducing quality of their protein component, herewith the juveniles vitality increasing.

Key words: starting fodder, salmon juvenile, fermentolyzate, amino acid, histology.

Введение

По итогам 2015 г. объем российского рынка комбикормов для аквакультуры оценочно составил 191,9 тыс. т (<http://abercade.ru/research/industrynews/15571>).

По данным лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ) Дальневосточного региона на 2016 г. потребность в сухих стартовых кормах для лососевых составляет более 200 т, причем в регионе используются главным образом (более 80 %) датские корма фирмы «Aller Aqua». Учитывая растущее развитие аквакультуры, через несколько лет потребность в качественных комбикормах для рыб может увеличиться в несколько раз.

Полномасштабное развитие интенсивного индустриального рыбоводства невозможно без разработки полноценных конкурентоспособных отечественных комбикормов, сбалансированность и качество которых определяются качеством ингредиентов (Пономарев и др., 2010).

Зарубежный и отечественный опыт разведения тихоокеанских лососей показал, что жизнестойкость (качество) выпускаемой в естественную среду молоди полностью зависит от состава применяемых искусственных комбикормов (Ogino, Kamizono, 1975; Halver, 1976, 1982; Ketola, 1982; Ogata, Konno, 1986; Валова, 1999, 2000).

Традиционно основным компонентом комбикормов, отвечающим за белковую составляющую, является рыбная мука, производство которой в России с середины 90-х гг. прошлого столетия постепенно сокращалось. Зачастую рыбная мука, выпускаемая нашими предприятиями, имеет пониженное содержание белка, повышенное содержание минеральных веществ, а также не соответствует требованиям стандартов для комбикормов по качественным показателям жира — содержанию свободных жирных кислот и перекисей.

В 1980-е гг. был разработан ряд отечественных сухих гранулированных комбикормов: ЛС-НТ, РГМ-8М, РГМ-9М (ВНИИПРХ), МКС-1-86 «СТАРТ», СГК-88 (ТИНРО-центр), прошедших производственную проверку на ЭПЗ «Рязановский» в Приморском крае. Наиболее эффективным оказался корм МКС-1-86 «СТАРТ», который обеспечивал высокий темп роста, низкие кормовые затраты и не вызывал заметных патоморфологических изменений в пищеварительной системе рыб (Валова, 1999). Однако в связи с прекращением производства некоторых компонентов корма в настоящее время корм МКС-1-86 не производится, тем не менее его рецепт послужил прототипом для разработки экспериментальных кормов.

Согласно современным представлениям в области физиологии и биохимии питания рыб, на усвояемость кормов оказывают влияние аминокислотный состав белковой компоненты, жирнокислотный состав липидов, а также содержание минеральных веществ. Это обуславливает эффективность усвоения пищи и, в свою очередь, сказывается на скорости роста и выживаемости личинок рыб (Мухин, Новиков, 2001).

Известно, что ферментированные продукты с разной степенью гидролиза белка, полученные из рыбы или моллюсков, при добавлении в рацион рыб как в чистом виде, так и с различными компонентами благотворно влияют на их развитие (Сергиенко, 2007; Грозеску, 2016). Количество добавляемых ферментированных продуктов в рыбные корма составляет от 5 до 20 %, увеличение концентрации приводит к значительному снижению кормового коэффициента (КК) и улучшению физиологического состояния рыбы (Грозеску, 2016).

Целесообразность включения в состав стартовых комбикормов легкоусвояемых белковых веществ обоснована особенностями развития пищеварительной системы рыб от личинок к молоди. При балансировке кормов для рыб качественный состав белка имеет первостепенное значение (Гамыгин, 1987).

Цель работы — сравнительная оценка применения комбикормов с добавлением сухого ферментолита со стартовыми комбикормами для молоди тихоокеанских лососей (кеты).

Материалы и методы

Испытания комбикормов проводились на частном ЛРЗ «Вербное» (ООО «Фурманово»), Ольгинский район Приморского края.

Объектом исследования служили личинки молоди кеты *Oncorhynchus keta*.

Подращивание молоди осуществляли в 6 аквариумах объемом 200 л, плотность посадки составляла 5000 экз./м², проточность воды — 20–25 л/мин, температура воды — 4,5–6,5 °С, кислород — 60–70 г/л, продолжительность эксперимента — 40 сут.

Для испытания были выбраны два варианта комбикормов с введением 6 и 10 % сухого ферментолита из минтая неразделанного мороженого (размерный ряд 18–25 см), технология получения которого основана на материалах патентов РФ № 2460313 и 2503249.

В эксперименте по кормлению молоди кеты на ЛРЗ «Вербное» использовались следующие варианты кормов:

— комбикорм «Aller Aqua Futura MP EX», датского производства, содержащий иммунномодулятор MascoVita (глюкан + повышенная доза витаминов) (<http://aquafeed.ru/korma>) (контроль);

— комбикорм ООО НПК «Далькорм», г. Владивосток (контроль);

— экспериментальный стартовый комбикорм для молоди лососевых: В-1-6 % М — 6 % сухого ферментолита + 7 % растительного масла, В-1-6 % Ж — 6 % сухого ферментолита + 7 % рыбного жира, В-2-10 % М — 10 % сухого ферментолита + 7 % растительного масла, В-2-10 % Ж — 10 % сухого ферментолита + 7 % рыбного жира.

Выбор контрольных вариантов кормов основывался на том, что стартовые корма для ЛРЗ Дальневосточного региона в основном закупают от названных изготовителей.

Во все варианты кормов (кроме Aller Aqua) перед кормлением молоди кеты вводилось 7 % растительного масла (М) или рыбного жира (Ж), который получен в ТИПРО-центре после рафинации технического рыбного жира, также были добавлены витамины С (1000 мг/кг корма) и Е (400 мг/кг корма). Рыбный жир и растительное масло, использованные для коррекции липидной составляющей кормов, по показателям качества соответствовали нормативным документам (ГОСТ 8714, ГОСТ 31760).

Адаптацию молоди к сухим гранулированным кормам проводили в течение 3–5 сут. Суточный рацион рассчитывали по таблицам, в которых представлены рекомендуемые нормы кормления личинок, мальков, сеголеток и других возрастных групп до периода смолтификации тихоокеанских лососей (Канидьев, 1984).

Сбор биологических материалов для микроскопических и гистологических исследований осуществлялся один раз в 10 дней.

Измеряли отход молоди кеты и морфометрические характеристики, на основании этого вычисляли абсолютный и среднесуточные приросты и другие рыбоводно-биологические показатели.

Абсолютный прирост рассчитывали по разности между начальной и конечной массой рыб.

Среднесуточный прирост весовых размеров (C_{cp} , %) рыб определяли по формуле Винберга (по отношению к начальной массе):

$$C_{cp} = \left(10^{\frac{\lg W_n - W_o}{n}} - 1 \right) \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где W_n — конечная масса, г; W_o — начальная масса, г; n — количество суток в периоде между измерениями (Винберг, 1956; Скляров и др., 1984).

Полноценность кормления оценивали по величине КК, который показывает количество корма, необходимое для получения единицы прироста рыбы, т.е. отношение съеденного корма к приросту. Величину КК определяли по формуле

$$KK = C/P, \quad (2)$$

где C — количество съеденного корма, г; P — величина прироста массы рыбы по отношению к начальной массе, г (Винберг, 1956; Скляров и др., 1984). Также оценивался коэффициент упитанности по Фультону (K_y), который отражает взаимосвязь между массой и длиной рыб (Щербина, Гамыгин, 2006):

$$K_y = M_1/L^3, \quad (3)$$

где L — длина рыб от начала головы до конца чешуйного покрова, см; M_1 — масса рыб, г.

Для оценки влияния корма на обмен веществ у молоди кеты и их физиологического состояния использовались методы гистологического анализа (Ромейс, 1954; Лилли, 1969).

В ходе исследований определялся характер складчатости слизистой оболочки пищевода, желудка и кишечника; оценивалось состояние пищеварительных желез и состояние эпителиальной выстилки слизистой оболочки перечисленных выше отделов пищеварительного тракта; определялось наличие язв, новообразований, некрозов, а также изменений в печеночной паренхиме (липоидная дегенерация печени).

Состав экспериментальных комбикормов ТИПРО-центра, датского комбикорма «Aller Aqua» и комбикорма от ООО «Далькорм» оценивался по общепринятым методам (ГОСТ 7636).

Безопасность кормовых продуктов оценивали согласно Единым ветеринарно-санитарным требованиям Таможенного союза* и Техническому регламенту Таможенного союза**.

Содержание общего азота определялось по методу Кьельдаля на приборе «Kjeltec 2300» (Foss, Швеция).

Экстракцию липидов и их массовую долю определяли по методу Блайя и Дайера (Bligh, Dyer, 1959). Общие липиды конвертировали в метиловые эфиры жирных кислот по известной методике (Carreau, Dubacq, 1978) и очищали препаративной тонкослойной хроматографией на стеклянных пластинках с силикагелем (Merck Co. Ltd, Германия, 5 мкм) с использованием системы растворителей бензол : гексан — 7 : 3 (по объему) в качестве элюента. Газожидкостную хроматографию метиловых эфиров проводили на хроматографе GC-16A (Shimadzu, Япония) с использованием капиллярной колонки Supelcowax™ 10 (30,0 м x 0,32 мм, толщина пленки 0,25 мкм, Supelco, США) и пламенно-ионизационного детектора при температуре колонки 190 °С, температуре инжектора

* Единые ветеринарно-санитарные требования (Единые ветеринарные требования), предъявляемые к товарам, подлежащим ветеринарному контролю (надзору), с изменениями от 02 марта 2011 г. Утверждены Решением комиссии Таможенного союза от 18 июня 2010 г., № 317.

** Технический регламент Таможенного союза «О безопасности кормов и кормовых добавок» (проект, 2-я редакция) (ТР 201_/00_/ТС). Москва; Минск; Астана, 2012. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200083875>. (Дата обращения: 19.11.2012.)

и детектора 240 °С. В качестве газа-носителя использовали гелий со скоростью потока 1 мл/мин и делителем потока 1/60. Идентификацию хроматографических пиков проводили с использованием индексов удерживания ECL (Christie, 1988). Содержание отдельных классов липидов в сравнении со стандартами анализировали методом тонкослойной хроматографии на аналитических пластинах «Sorbfil» с использованием системы растворителей гексан : диэтиловый эфир — 1 : 1 (по объему) с добавлением 0,1 % уксусной кислоты в качестве элюента (Laggai et al., 2013).

Определение содержания макро- и микроэлементов и токсичных металлов в образцах осуществляли в соответствии с нормативами (ГОСТ 26927, 26929, 26930, 26932, 26933, 30178, 30538, Р 51301) на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы «Nippon Jarrell Ach» модель АА-885. В качестве атомизатора использовали однощелочную горелку и пламя ацетилен-воздух.

Определение перекисного числа жира осуществляли по методике, основанной на взаимодействии перекисей, содержащихся в жире, с йодидом калия в присутствии уксусной кислоты с выделением йода, с последующим титрованием раствором тиосульфата натрия (Лазаревский, 1955; ГОСТ 7636; ГОСТ Р 53024).

Кислотное число жира определяли после нейтрализации свободных кислот, содержащихся в навеске выделенного жира, путем его растворения в спирт-эфирной смеси и последующего титрования раствором едкого натра (Лазаревский, 1955; ГОСТ 7636).

Аминокислотный состав белков определяли после кислотного гидролиза 6 N раствором соляной кислоты в течение 24 ч (Остерман, 1985) методом ионно-обменной хроматографии на высокоскоростном анализаторе Hitachi L-8800.

Качество протеина определяли путем сравнения количества аминокислот в исследуемом продукте с аминокислотным составом икры кеты. Оптимальным значением аминокислотного баланса является 100 %, менее 100 % означает недостаток аминокислоты в корме, более 100 % — избыток.

Результаты исследований обрабатывали статистическими методами (Урбах, 1963, 1975; Кенуй, 1979). Статистическая обработка материала проводилась с использованием пакета программ Excel 2007.

Результаты и их обсуждение

Технохимический состав используемых кормов

Технохимический анализ испытуемых комбикормов показал (табл. 1), что содержание белка во всех кормах находится на одном уровне, за исключением корма «Aller Aqua», где его количество в 1,8 раза выше, а содержание жира в 2,4 раза ниже. Количество углеводной компоненты в корме «Aller Aqua» в 3 раза ниже, чем в экспериментальных кормах. В корме «Далькорм» содержание белка, жира и углеводов занимает промежуточное положение между «Aller Aqua» и экспериментальными вариантами кормов ТИПРО-центра.

Согласно полученным в ходе исследований данным, во всех вариантах комбикормов общее количество незаменимых аминокислот (НАК) находится на одном уровне, 42,7–46,2 г/100 г белка (табл. 2). Определение аминокислотного состава кормов показывает, что их состав относительно близок, однако есть и различия, особенно хорошо это проявляется при расчете аминокислотного баланса.

При выращивании рыб в искусственных условиях величина баланса незаменимых аминокислот, свидетельствующая об относительно хорошем качестве белка корма, находится в пределах 80–95 %. При этом необходимо, чтобы в корме показатели баланса всех незаменимых аминокислот имели близкие значения (Щербина, Гамыгин, 2006). При низких значениях отдельных определений баланса вступает в силу «закон минимума Либиха». Так, дефицит лишь одной из незаменимых аминокислот приводит к увеличению потребления белка рыбами, что ограничивает эффект от использования не только белка, но и корма в целом пропорционально первой из лимитирующих аминокислот.

Таблица 1
Общий химический состав комбикормов, использованных в рыбоводных испытаниях,
% в пересчете на сухое вещество

Table 1

Total chemical composition of mixed fodders used in the experiment, % DW

Компонент	В-1-6 %	В-2-10 %	«Aller Aqua»	«Далькорм»
Вода/сухие вещества	0/100	0/100	0/100	0/100
Белок (N * 25)	38,56	39,03	68,47	49,19
Жир	14,57	15,03	6,20	12,03
Минеральные вещества	9,68	9,77	11,85	11,81
Углеводные соединения	37,21	36,17	13,47	26,97

Таблица 2
Аминокислотный состав комбикормов, использованных в рыбоводных испытаниях,
и икры кеты, г/100 г белка

Table 2

Amino acid composition of mixed fodders used in the experiment in compare
with the composition for fish eggs, g/100 g of protein

Аминокислота	В-1-6 %	В-2-10 %	«Aller Aqua»	«Далькорм»	Икра кеты
Thr	4,30	4,25	5,56	4,47	4,81
Ile	4,36	4,36	4,18	4,02	5,66
Leu	7,46	7,49	7,50	7,72	9,01
Val	5,19	5,16	4,75	5,13	6,87
Lys	6,18	6,70	6,40	6,40	7,26
His	2,07	2,00	1,75	1,87	2,54
Arg	5,58	5,62	5,17	7,60	5,44
Тур + Phe	2,74 + 4,33	3,14 + 4,32	3,13 + 4,05	3,22 + 4,04	3,09 + 4,77
Met + Cys	0,05 + 0,46	0,28 + 0,52	0,10 + 0,92	0,46 + 1,26	0,12 + 0,49
Сумма НАК	42,72	43,84	43,51	46,19	50,06

Исходя из обзора литературы, за «идеальный белок» для молоди кеты принят аминокислотный состав икры кеты, так как он имеет достаточно постоянный состав, а содержащийся в икринке белок полностью удовлетворяет жизненную потребность личинки, поскольку в естественных условиях среды появившаяся из икринки личинка является жизнеспособной.

Расчет аминокислотного баланса кормов по отношению к икре кеты (табл. 3) показывает, что лучший баланс аминокислот имеет корм В-1-6 %, разработанный в ТИНРО-центре.

Таблица 3
Балансовое значение незаменимых аминокислот в испытуемых комбикормах,
% к идеальному белку (икра кеты)

Table 3

Balance values of essential amino acids in the tested mixed fodders,
% relative to an ideal protein (chum eggs)

Аминокислота	В-1-6 %	В-2-10 %	«Aller Aqua»	«Далькорм»
Thr	89,4*	88,4*	115,6***	92,9*
Ile	77,0**	77,0**	73,9**	71,0**
Leu	82,8*	83,1*	83,2*	85,7*
Val	75,6**	75,1**	69,1**	74,7**
Lys	85,1*	92,3*	88,1*	88,1*
His	81,5*	78,7**	68,9**	73,6**
Тур + Phe	89,9*	94,9*	91,3*	92,4*
Met + Cys	83,6*	131,1***	167,2***	282,0***
Arg	102,6***	103,3***	95,0*	139,7***

* Оптимальный аминокислотный баланс.

** Недостаток аминокислоты.

*** Избыток аминокислоты.

Лимитирующей аминокислотой в кормах, разработанных в ТИНРО-центре, является валин, в корме «Aller Aqua» — гистидин, в корме «Далькорм» — изолейцин.

Избыток треонина и метионина-цистеина в «Aller Aqua» (контрольный корм), аргинина и метионина-цистеина в корме «Далькорм» и экспериментальных кормах приводит к дополнительным расходам энергии и пластического материала на переработку излишков белка и выделение токсических продуктов его распада. При этом сокращается синтез мышечной ткани и активируется липогенез, приводящий к развитию липоидной дегенерации печени.

Таким образом, на основании данных по аминокислотному составу можно заключить, что аминокислотный состав корма В-1-6 %, разработанного ТИНРО-центром, в большей степени соответствует потребностям молоди кеты.

Качественный и количественный состав липидов во всех вариантах комбикормов довольно близок (табл. 4), несмотря на разное качество и состав ингредиентов. Более высокое содержание триацилглицеридов обнаружено в корме «Далькорм» и в экспериментальных вариантах кормов с введением 6 и 10 % сухого ферментолизата и с растительным маслом.

Таблица 4

Состав и содержание основных классов липидов исследованных кормов,
% от суммы липидов

Table 4

Composition and content of the main lipid classes in the tested mixed fodders, % of total lipids

Класс липидов	В-1-6 % М	В-2-10 % М	В-1-6 % Ж	В-2-10 % Ж	«Aller Aqua»	«Далькорм»
Эфиры стеринов	3,7	6,1	4,7	4,3	8,5	5,3
Триацилглицериды	65,2	60,2	56,0	56,3	57,1	65,4
Свободные жирные кислоты	6,8	12,2	12,3	13,8	15,1	6,9
Стерины	8,3	9,0	12,3	10,6	9,5	9,9
Фосфолипиды	16,0	12,5	14,6	14,9	9,8	12,4

В экспериментальных кормах наблюдается незначительное преобладание в содержании суммы фосфолипидов в сравнении с контрольными кормами. Роль фосфолипидов кормов в питании на ранних стадиях развития рыб не полностью ясна. Считается, что они оказывают положительное влияние на рост как личинок рыб, так и ранней молоди, улучшают выживаемость, снижают вероятность неправильного развития личинок и, возможно, улучшают устойчивость к стрессам (Coutteau et al., 1997; Cahu et al., 2003).

Согласно литературным данным (Бахарева, 2005; Miller, 2007; Остроумова, 2012; Пономарев и др., 2013), лососи употребляют жир прежде всего как источник энергии. Рыбные жиры вносятся в корма в качестве источника полиненасыщенных жирных кислот, в частности семейства омега-3, таких как эйкозапентаеновая (ЭПК) и докозагексаеновая (ДГК) кислоты, которые используются для обеспечения здорового роста.

При определении жирнокислотного состава комбикормов установлено (табл. 5), что содержание полиненасыщенных жирных кислот в вариантах кормов с добавлением 6 и 10 % сухого ферментолизата с использованием растительного масла на треть выше, чем в других образцах. Это объясняется тем, что липидная составляющая преимущественно состоит из жиров растительного происхождения. Содержание эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот в кормах с рыбным жиром в 2,0–3,5 раза выше, чем в кормах с растительным маслом.

Определение минерального состава кормов показало (табл. 6), что доминирующим элементом в кормах является кальций, основной структурный элемент костей. Содержание магния и марганца в варианте корма В-1-6 % в 2–3 раза выше, чем в других вариантах кормов.

Результаты определения показателей безопасности по содержанию токсичных элементов, радионуклидов, микробиальной обсемененности комбикормов, а также по показателям кислотного и перекисного чисел жира в экспериментальных кормах (без

Таблица 5

Жирынокислотный состав комбикормов, использованных в рыбоводных испытаниях,
% от суммы жирных кислот

Table 5

Fatty acid composition of mixed foddors used in the experiment, % of total fatty acids

Жирные кислоты	В-1-6 % М	В-2-10 % М	В-1-6 % Ж	В-2-10 % Ж	«Aller Aqua»	«Далькорм»
Насыщенные	28,67	27,10	34,93	35,52	28,62	28,64
Мононенасыщенные	24,52	23,08	34,75	34,53	35,48	40,06
18:2 n-6	35,17	33,62	8,82	8,52	13,54	8,04
20:5 n-3 ЭПК	3,05	2,88	6,37	6,06	7,09	6,35
22:6 n-3 ДГК	2,58	2,26	8,41	7,48	8,61	7,91
Полиненасыщенные	46,80	45,41	30,33	29,46	35,92	30,87
Сумма n-3	11,41	11,07	20,50	19,54	21,08	20,81
Сумма n-6	35,17	33,82	9,16	9,26	14,05	8,86
n-6/n-3	3,08	3,05	0,45	0,47	0,67	0,42
n-3/n-6	0,32	0,33	2,24	2,11	1,50	2,35
Содержание жира	13,33	13,76	13,33	13,73	5,70	11,20

Таблица 6

Минеральный состав комбикормов, использованных в рыбоводных испытаниях, мг/кг

Table 6

Mineral composition of mixed foddors used in the experiment, mg/kg

Элемент	В-1-6 %	В-2-10 %	«Aller Aqua»	«Далькорм»
Na	3915,8	3342,0	10429,3	5324,8
Ca	31128,7	>20000	52525,3	48628,3
K	4608,9	3756,5	6957,1	3743,4
Mg	4609,0	1371,0	2626,3	2674,2
Mn	104,0	67,40	27,8	72,1
Fe	455,4	305,7	214,4	488,7

добавления антиокислителей) в хранении при различных температурах не превышают регламентируемых концентраций*.

Анализ состава экспериментальных кормов показал, что они содержат все необходимые питательные вещества для полноценного развития молоди лососевых и по своему качественному составу не уступают уже представленным на рынке кормам. По качеству разрабатываемые корма соответствуют регламентируемым показателям, что свидетельствует о безопасности их применения в аквакультуре.

Рыбоводно-биологические испытания экспериментальных стартовых кормов для молоди лососевых

По результатам испытаний комбикормов (табл. 7; рис. 1, 2) наиболее интенсивный рост наблюдался у молоди в варианте с 6 % сухого ферментализата и растительным маслом. Меньший абсолютный прирост массы тела и коэффициент упитанности по Фульгону отмечен у кормов «Aller Aqua» и «Далькорм». В варианте «Далькорм» наблюдался значительный разброс по массе тела, о чем свидетельствует самый высокий коэффициент вариации, составивший 38,99 % при средней массе тела рыбы 0,55 г. Довольно высокая вариативность массы тела молоди также отмечалась и в остальных вариантах кормов (28,2–31,6 %).

Соотношение длины и массы тела при кормлении различными вариантами кормов представлено на рис. 1. Согласно полученным данным, коэффициенты аппроксимации в вариантах с опытными комбикормами свидетельствуют о большей эффективности данных кормов в сравнении с контрольными кормами «Aller Aqua» и «Далькорм».

* Технический регламент... (2012); Единые ветеринарно-санитарные требования... (2010).

Таблица 7

Результаты эксперимента по испытанию сухих гранулированных кормов при выращивании молоди кеты

Table 7

Results of the experiment with dry granulated fodders used for breeding of chum salmon juveniles

Показатель	В-1-6 % М	В-1-6 % Ж	В-2-10 % М	В-2-10 % Ж	«Aller Aqua»	«Далькорм»
Средняя начальная масса, г	0,30 ± 0,03	0,37 ± 0,04	0,37 ± 0,05	0,35 ± 0,05	0,37 ± 0,03	0,32 ± 0,05
Средняя конечная масса, г	0,71 ± 0,02	0,76 ± 0,02	0,76 ± 0,02	0,67 ± 0,01	0,55 ± 0,01	0,54 ± 0,01
Коэф. вариации, %	31,64	28,24	28,45	30,46	29,15	38,99
Абсолютный прирост, г	0,40*	0,39**	0,39**	0,32**	0,18	0,22***
Среднесуточный прирост, %	1,91*	1,77**	1,77**	1,61**	0,90	1,31***
Коэф. упитанности по Фульгону	0,85 ± 0,01	0,87 ± 0,01	0,82 ± 0,01	0,81 ± 0,01	0,74 ± 0,01	0,75 ± 0,01
Отход, %	0,5	0,5	0,4	0,7	0,7	0,6
Кормовой коэффициент	0,76	0,64	0,66	0,86	1,00	1,44

* Полученный результат достоверно отличается от других вариантов кормов при $P > 0,05$.

** Полученный результат достоверно отличается от варианта «Aller Aqua» и «Далькорм» при $P > 0,05$.

*** Полученный результат достоверно отличается от варианта корма «Aller Aqua» при $P > 0,05$.

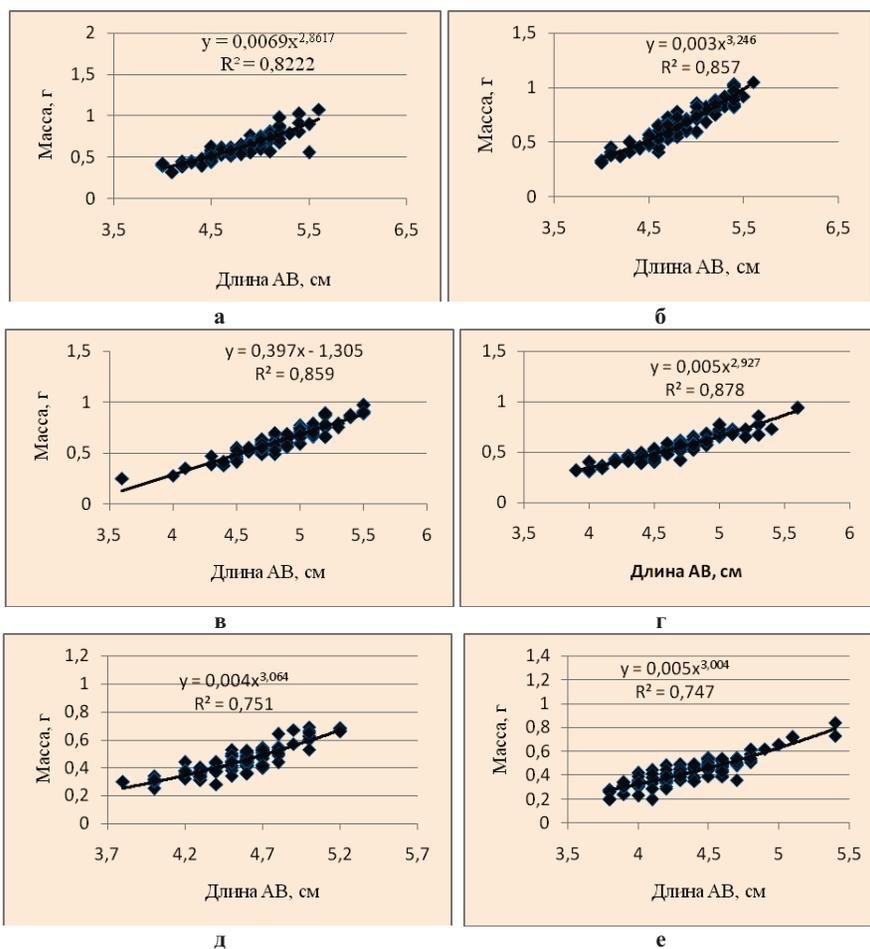


Рис. 1. Соотношение длины и массы тела у молоди кеты при выращивании на различных типах комбикормов: а — В-1-6 % М; б — В-1-6 % Ж; в — В-2-10 % М; г — В-2-10 % Ж; д — «Aller Aqua»; е — «Далькорм»

Fig. 1. Length-weight ratio of chum salmon juveniles fed with different mixed fodders: а — В-1-6 % М; б — В-1-6 % Ж; в — В-2-10 % М; г — В-2-10 % Ж; д — Aller Aqua; е — Dalkorm

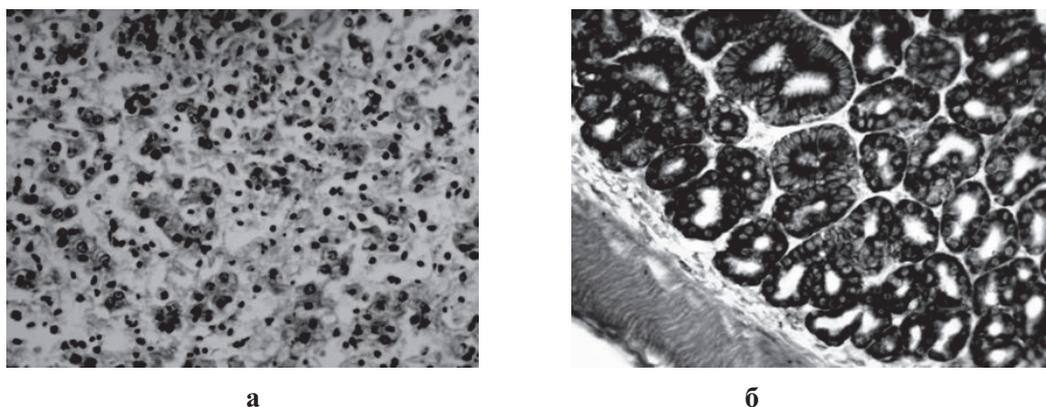


Рис. 2. Патоморфологические изменения в пищеварительной системе молоди кеты в контроле: **а** — липоидная дегенерация печени тяжелой степени; **б** — гиперфункция фундальных желез в желудке

Fig. 2. Pathomorphological changes in digestive system of juvenile chum salmon in the control: **a** — severe lipid degeneration of liver; **b** — hyperemia of fundal glands in stomach

При проведении гистологического анализа молоди кеты, выращенной на корме датского производства «Aller Aqua» и «Далькорм», выявлено наличие патоморфологических изменений тяжелой степени у большинства рыб (70 %) (рис. 2).

В экспериментальном комбикорме с 10 % сухого ферментоллизата липоидная дегенерация печени средней степени была обнаружена у 30 % рыб и носила обратимый характер.

В экспериментальном комбикорме с 6 % сухого ферментоллизата липоидная дегенерация печени легкой степени была обнаружена у 15 % рыб, носила обратимый характер и не оказала заметного влияния на качество выпускаемой молоди.

Эти изменения, возможно, связаны с тем, что корм «Aller Aqua» предназначен для молоди форели. Он разработан с целью быстрого получения товарной продукции за счет легкой усвояемости и добавления ингредиентов — иммуномодуляторов, имеющих гормональное происхождение, стимулирующих темп роста. ООО «Далькорм» использует рецептуру корма, которая, по-видимому, недостаточно удовлетворяет потребности молоди кеты в питательных веществах (несмотря на хорошее качество производимого корма), что и вызвало развитие патологических процессов в организме рыб.

Таким образом, при испытании комбикормов в заводских условиях выявлены преимущества опытных стартовых кормов перед контрольными датского и отечественного производства. Добавление сухого ферментоллизата в рецептуру корма в количестве 6 и 10 % заметно улучшает их биологическую ценность и качество молоди.

Заключение

Разработанные рецептуры стартовых кормов для заводского выращивания молоди лососевых, содержащие 6 и 10 % сухого ферментоллизата из минтая, по показателям качества соответствуют регламентируемым показателям, что свидетельствует о безопасности их применения в аквакультуре.

Особенностью химического состава экспериментального корма В-1-6 % является более низкое содержание белкового компонента, но более высокое содержание липидов и углеводных соединений в сравнении с контрольными образцами кормов. Аминокислотный состав корма В-1-6 % в большей степени соответствует потребностям молоди кеты.

Рыбоводные испытания показали преимущества по кормовым коэффициентам экспериментальных вариантов кормов (КК от 0,64 до 0,86) в сравнении с датским «Aller Aqua» (КК = 1,0) и отечественным «Далькорм» (КК = 1,44).

В ходе рыбоводных испытаний кормов производства датской фирмы «Aller Aqua» и ООО «Далькорм» выявлено развитие патоморфологических изменений тяжелой степени в пищеварительной системе молоди кеты, которые значительно снижают качество выпускаемой молоди, препятствуя достижению ею состояния смолтификации.

Введение 6 % сухого ферментализата в рецептуру корма дало положительный результат, развитие легкой степени липоидной дегенерации печени обратимой формы обнаружено только у 15 % исследованной молоди. Липоидная дегенерация печени не оказала существенного влияния на качество выпускаемой молоди.

Введение высокобелкового сухого ферментализата в рецептуры комбикормов для молоди тихоокеанских лососей позволит снизить долю рыбной муки без уменьшения качественной белковой составляющей корма и увеличить жизнестойкость молоди кеты.

Коллектив авторов выражает большую благодарность сотрудникам отдела безопасности гидробионтов за помощь при проведении работ по определению показателей качества и безопасности комбикормов, использованных в рыбоводных испытаниях; сотрудникам экспериментального участка кормопроизводства за помощь при изготовлении комбикормов; вед. н. с. В.Г. Марковцеву за помощь при подготовке и проведении рыбоводно-биологических испытаний.

Список литературы

- Бахарева А.А.** Использование искусственных кормов при воспроизводстве тихоокеанских лососей на Камчатке // Вестн. АГТУ. — 2005. — № 3(26). — С. 152–157.
- Валова В.Н.** Проблема качественной оценки заводских популяций тихоокеанских лососей // Докл. Рос.-амер. конф. «Вопросы взаимодействия естественных и искусственных популяций лососей». — Хабаровск, 2000. — С. 107–110.
- Валова В.Н.** Характеристика физиологического состояния молоди тихоокеанских лососей при выращивании на искусственных кормах : дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1999. — 170 с.
- Винберг Г.Г.** Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб : моногр. — Минск : Белорус. ун-т, 1956. — 253 с.
- Гамыгин Е.А.** Корма и кормление рыб : ОИ / ЦНИИТЭИРХ. — 1987. — Вып. 1. — 82 с.
- Грозеску Ю.Н.** Инновационные методы повышения эффективности кормления осетровых рыб на основе использования в рационах нетрадиционного кормового сырья и биологически активных препаратов : автореф. дис. ... д-ра сельхоз. наук. — Усть-Кинельский, 2016. — 33 с.
- Канидьев А.Н.** Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб : моногр. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. — 216 с.
- Кенуй М.Г.** Быстрые статистические вычисления : справочник : пер с англ. — М. : Статистика, 1979. — 69 с.
- Лазаревский А.А.** Техно-химический контроль в рыбообрабатывающей промышленности : моногр. — М. : Пищепромиздат, 1955. — 520 с.
- Лилли Р.** Патогистологическая техника и практическая гистохимия : моногр. — М. : Мир, 1969. — 646 с.
- Мухин В.А., Новиков В.Ю.** Ферментативные белковые гидролизаты тканей морских гидробионтов: получение, свойства и практическое использование : моногр. — Мурманск : ПИПРО, 2001. — 96 с.
- Остерман Л.А.** Хроматография белков и нуклеиновых кислот : моногр. — М. : Наука, 1985. — 536 с.
- Остроумова И.Н.** Биологические основы кормления рыб : моногр. — СПб. : ГосНИОРХ, 2012. — 564 с.
- Пономарев С.В., Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н.** Физиологические основы создания полноценных комбинированных кормов с учетом этапности развития организма лососевых и осетровых рыб // Вестн. АГТУ. Сер. : Рыб. хоз-во. — 2010. — № 1. — С. 132–139.
- Пономарев С. В., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А.** Корма и кормление рыб в аквакультуре : учеб. — М. : Моркнига, 2013. — 417 с.
- Ромейс Б.** Микроскопическая техника : моногр. — М. : Мир, 1954. — 706 с.
- Сергиенко Т.М.** Морфофизиологическая характеристика молоди кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum) при ее воспроизводстве на лососевых рыбоводных заводах Сахалина : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Южно-Сахалинск, 2007. — 25 с.

Скляров В.Я., Гамыгин Е.А., Рыжков Л.П. Кормление рыб : справочник. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. — 120 с.

Урбах В.Ю. Математическая статистика для биологов и медиков : моногр. — М. : АН СССР, 1963. — 322 с.

Урбах В.Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях : моногр. — М. : Медицина, 1975. — 296 с.

Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре : моногр. — М. : ВНИРО, 2006. — 360 с.

Bligh E.G., Dyer W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification // *Can. J. Biochem. Physiol.* — 1959. — Vol. 37, № 8. — P. 911–917.

Cahu C.L., Zambonino-Infante J.L., Barbosa V. Effect of dietary phospholipid level and phospholipid:neutral lipid value on the development of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae fed a compound diet // *Br. J. Nutr.* — 2003. — Vol. 90, Iss. 1. — P. 21–28.

Carreau J.P., Dubacq J.P. Adaptation of a macro-scale method to the macro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // *J. Chromatogr.* — 1978. — Vol. 151, № 3. — P. 384–390.

Christie W.W. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas chromatography // *J. Chromatogr.* — 1988. — Vol. 447, № 2. — P. 305–314.

Coutteau P., Geurden I., Camara M.R. et al. Review on the dietary effects of phospholipids in fish and crustacean larviculture // *Aquaculture.* — 1997. — Vol. 155, Iss. 1–4. — P. 149–164.

Halver J.E. Nutritional deficiency diseases in salmonids // *Fish. Pathology.* — 1976. — Vol. 10, № 2. — P. 165–180.

Halver J.E. The vitamins required for cultivated salmonids // *Comp. Biochem. Physiol.* — 1982. — Vol. 73B, Iss. 1. — P. 43–50.

Ketola H.G. Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets // *Comp. Biochem. Physiol.* — 1982. — Vol. 73B, Iss. 1. — P. 17–24.

Laggai S., Simon Y., Ransweiler T. et al. Rapid chromatographic method to decipher distinct alterations in lipid classes in NAFLD/NASH // *World J. Hepatol.* — 2013. — Vol. 5, Iss. 10. — P. 558–567.

Miller M.R. The assessment of omega 3 oil sources for use in aquaculture — alternatives to the unsustainable harvest of wild fish stocks : Doctor of Philosophy Thesis. — Australia : Univ. of Tasmania, 2007. — 244 с.

Ogata H., Konno S. Growth response and smolt production of 1 year cherry salmon fed with diets different protein and lipid levels // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* — 1986. — Vol. 52, № 2. — P. 313–318.

Ogino C., Kamizono M. Mineral requirements in fish. I. Effects of dietary salt-mixture levels on growth, mortality, and body composition in rainbow trout and carp // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* — 1975. — Vol. 41. — P. 429–434.

Поступила в редакцию 23.10.17 г.

Принята в печать 23.10.17 г.